

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-135515

(43)Date of publication of application : 18.05.2001

(51)Int.Cl.

H01F 1/24

B22F 1/00

B22F 3/00

(21)Application number : 11-315016

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 05.11.1999

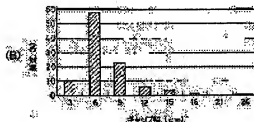
(72)Inventor : MORO EIJI

(54) DUST CORE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize dust core excellent in DC superposing characteristic in a high magnetic field.

**SOLUTION:** This dust core contains ferromagnetic metal powder and insulating material. Particles constituting the ferromagnetic metal powder contain spherical particles and different shape particles. Difference between the mean maximum width and the mean minimum width of gaps existing between the particles is at most 10  $\mu\text{m}$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 1 F	1/24	H 0 1 F	4 K 0 1 8
B 2 2 F	1/00	B 2 2 F	Y 5 E 0 4 1
	3/00		C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

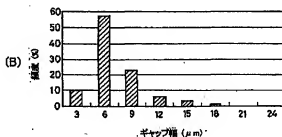
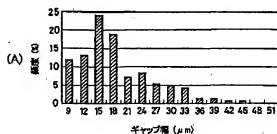
(21) 出願番号	特願平11-315016	(71) 出願人	000003067 ティーディーケイ株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(22) 出願日	平成11年11月5日 (1999.11.5)	(72) 発明者	茂呂 英治 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内
		(74) 代理人	100082965 弁理士 石井 陽一 Fターム (参考) 4A018 AA24 BA13 BB03 BB04 BD01 KA46 5ED41 AA07 BB01 CA01 HB11

## (54) 【発明の名称】 圧粉磁心

## (57) 【要約】

【課題】 高磁界下での直流重畳特性に優れた圧粉磁心を実現する。

【解決手段】 強磁性金属粉末および絶縁材を含有する圧粉磁心であって、前記強磁性金属粉末を構成する粒子に、球状粒子と不定形粒子とが含まれ、粒子間に存在する空隙の平均最大幅と平均最小幅との差が10 μm以下である圧粉磁心。



I

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 強磁性金属材料および絶縁材を含有する圧粉磁心であって、前記強磁性金属材料を構成する粒子に球状粒子と不定形粒子とが含まれ、粒子間に存在する空隙の平均最大幅と平均最小幅との差が  $10\text{ }\mu\text{m}$  以下である圧粉磁心。

【請求項 2】 前記平均最大幅と前記最小平均幅との平均値が  $8\sim 15\text{ }\mu\text{m}$  である請求項 1 の圧粉磁心。

【請求項 3】 式 I 円形度  $= 4\pi S/L^2$

（上記式 I において、S は粒子の投影像の面積であり、L は前記投影像の輪郭長である）により円形度を規定したとき、前記球状粒子の円形度が  $0.70$  以上であり、前記不定形粒子の円形度が  $0.60$  以下である請求項 1 または 2 の圧粉磁心。

【請求項 4】 前記強磁性金属材料中において、前記球状粒子の個数が全体の  $30\%$  以上、かつ、前記不定形粒子の個数が全体の  $20\%$  以上である請求項 3 の圧粉磁心。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、インダクタや他の電子部品に用いられる圧粉磁心に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、電気、電子機器の小型化がすすみ、その結果、小型で高効率の圧粉磁心が要求されるようになってきている。圧粉磁心には、フェライト粉末や強磁性金属材料が用いられる。強磁性金属材料は、フェライト粉末に比べ飽和磁束密度が高いため磁心を小型化できるが、電気抵抗が低いため磁心の渦電流損失が大きくなる。このため、圧粉磁心中において、強磁性金属粒子の表面には、通常、絶縁層が設けられる。

【0003】 磁心の小型化をはかるためには、飽和磁束密度だけでなく直流重量特性（直流磁界印加時の実効透磁率）、特に高磁界下での直流重量特性に優れることが重要である。以下に、高磁界下での直流重量特性が良好であることが小型化に有利である理由を説明する。磁心を小型化した場合、磁路長が短くなる。動作磁界（単位 A/m）は電流（A）を磁路長（m）で除いたものなので、磁路長が短くなれば動作磁界は高磁界側にシフトする。したがって、磁心を小型化して磁路長を短くしたときに、小型化前と同等のインダクタンスを得るためには、高磁界下における直流重量特性が良好である必要がある。

【0004】 また、今後は大電流に対応したインダクタの必要性が高まると考えられるが、大電流を流した場合にはやはり動作磁界強度が大きくなるため、高磁界下での直流重量特性が良好であれば、大電流を流したときのインダクタンスの低下を防ぐことができる。

【0005】 また、高磁界下での直流重量特性が良好であれば、すなわち、磁界強度が大きくなっても実効透磁

率が急激に小さくならなければ、インダクタの巻線密度を増大させることが可能となる。インダクタのインダクタンスは巻線数の 2 乗に比例するので、インダクタを小型化し、かつ巻線密度を増大させることにより同等の巻線数を確保すれば、小型化によるインダクタンスの低下を抑えることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、高磁界下での直流重量特性に優れた圧粉磁心を実現することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 このような目的は、下記（1）～（4）の本発明により達成される。

（1） 強磁性金属材料および絶縁材を含有する圧粉磁心であって、前記強磁性金属材料を構成する粒子に球状粒子と不定形粒子とが含まれ、粒子間に存在する空隙の平均最大幅と平均最小幅との差が  $10\text{ }\mu\text{m}$  以下である圧粉磁心。

（2） 前記平均最大幅と前記最小平均幅との平均値が  $8\sim 15\text{ }\mu\text{m}$  である上記（1）の圧粉磁心。

（3） 式 I 円形度  $= 4\pi S/L^2$ 

（上記式 I において、S は粒子の投影像の面積であり、L は前記投影像の輪郭長である）により円形度を規定したとき、前記球状粒子の円形度が  $0.70$  以上であり、前記不定形粒子の円形度が  $0.60$  以下である上記（1）または（2）の圧粉磁心。

（4） 前記強磁性金属材料中において、前記球状粒子の個数が全体の  $30\%$  以上、かつ、前記不定形粒子の個数が全体の  $20\%$  以上である上記（3）の圧粉磁心。

【0008】

【発明の実施の形態】 本発明の圧粉磁心は、強磁性金属材料を含有し、また、強磁性金属材料を構成する粒子間を電気的に絶縁するための絶縁材を含有する。また、本発明の圧粉磁心を製造する際には、成形する際に粒子間の潤滑性を高めたり、金型からの離型性を向上させたりするために、通常、潤滑剤が添加される。以下、本発明の圧粉磁心について、詳細に説明する。

## 【0009】 強磁性金属材料

強磁性金属粒子からなる粉末を圧縮成形して製造される圧粉磁心中では、粒子間に空隙が存在する。本発明では、粒子間の空隙の平均最大幅と平均最小幅との差を  $0\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは  $0\sim 9\text{ }\mu\text{m}$  とする。このように粒子間に存在する空隙の幅の分布を小さくすることにより、高磁界下での直流重量特性を改善することができる。

【0010】 粒子間に存在する空隙の平均最大幅と平均最小幅とは、圧粉磁心のプレス面（圧縮成形時に圧力が印加された表面）の顕微鏡写真を用いて求める。図 6 に、プレス面の顕微鏡写真を模式的に示す。同図に示すように、隣接する粒子間の空隙について、最大幅と最小

幅とを測定する。次いで、最大幅および最小幅のそれぞれについて度数分布表を作成し、最も高い度数となった階級値を、それぞれ平均最大幅および平均最小幅とする。なお、度数分布表における階級の幅は、 $3\mu\text{m}$ 以下とする。

【0011】前記平均最大幅と前記最小平均幅との平均値（空隙幅の平均値）は、 $8\sim 15\mu\text{m}$ であることが好ましい。この平均値が小さすぎると、粒子間の空隙が十分に確保できていないので、電気抵抗が小さくなり、その結果、渦電流損失が大きくなる。一方、この平均値が大きすぎる場合には、必要とされる空隙よりも大きな空隙が粒子間に存在するので、透磁率が小さくなってしまふ。

【0012】なお、空隙幅の測定は、すべての空隙について行う必要はない。測定する空隙の数は、好ましくは50以上、より好ましくは100以上である。

【0013】本発明では、粒子間に存在する空隙の幅を上記のように規制するために、圧粉磁心中に球状粒子と不定形粒子とを含有させる。これら2種類の粒子を圧粉磁心中において混在させることにより、空隙幅の分布を上記のように狭くすることが容易にできる。圧粉磁心中に球状粒子と不定形粒子とを混在させれば、磁心の密度が高くなるため、低磁界下での透磁率が大きくなる。一般に、低磁界下での透磁率が大きくなると、通常、高磁界下でのマイナーループの傾きが小さくなるため、高磁界下での透磁率が著しく小さくなる。しかし、本発明では、粒子間に存在する空隙の幅の分布が小さくなる結果、透磁率の磁界強度依存性が小さくなるので、高磁界下での実効透磁率の落ち込みを抑制でき、優れた直流重量特性が得られる。

【0014】球状粒子は円形度が0.70以上であることが好ましく、不定形粒子は円形度が0.60以下であることが好ましい。本発明における円形度は、

$$\text{式I} \quad \text{円形度} = 4\pi S/L^2$$

により規定される。上記式Iにおいて、 $S$ は粒子の投影像の面積であり、 $L$ は前記投影像の輪郭長（周円長）である。この投影像とは、立体である粒子を平面に投影して得られる2次元像である。本発明では、前記プレス面の顕微鏡写真に現れた粒子像を上記投影像として利用し、 $S$ および $L$ を求める。

【0015】円形度の小さい粒子の投影形状は、輪郭に突起の多い不定形であり、一方、上記円形度の大きい粒子の投影形状は、円状、楕円状、アレイ状など、輪郭が滑らかな形状である。

【0016】球状粒子の個数は粒子全体の30%以上、好ましくは40%以上であり、かつ、不定形粒子の個数は粒子全体の20%以上、好ましくは30%以上である。

【0017】圧縮成形前における強磁性金属粉末の平均粒径は、好ましくは $20\sim 150\mu\text{m}$ 、より好ましくは

$25\sim 80\mu\text{m}$ である。平均粒径が小さすぎると保磁力が大きくなってしまい、平均粒径が大きすぎると渦電流損失が大きくなってしまふ。なお、前記範囲の平均粒径をもつ強磁性金属粉末は、ふるい等による分級によって得ればよい。

【0018】圧粉磁心中における球状粒子および不定形粒子それぞれについて、円形度および存在比率を上記範囲内から選択すれば、空隙幅の分布を前記範囲内とすることが容易にできる。また、圧縮成形前の強磁性金属粉末の平均粒径を上記範囲内から選択すれば、平均空隙幅を前記範囲内とすることが容易にできる。

【0019】圧粉磁心中における強磁性金属粉末は、上記した球状粒子および不定形粒子だけから構成されることが好ましいが、上記円形度が両粒子の間である粒子が含有されていてもよい。ただし、粒子全体に対するこのような粒子の個数は、好ましくは30%以下、より好ましくは20%以下である。

【0020】なお、粒子の円形度および存在比率に関する測定は、前記プレス面に現れる全粒子について行う必要はない。測定する粒子の数は、好ましくは50以上、より好ましくは100以上である。

【0021】強磁性金属粉末を構成する金属（鉄、センダは合金）の種類は特に限定されず、例えば、鉄（例えば  $\text{Fe-Al-Si}$ ）、ケイ化鉄、パーマロイ（ $\text{Fe-Ni}$ ）、スーパーマロイ（ $\text{Fe-Ni-Mo}$ ）、窒化鉄、鉄アルミ合金、鉄コバルト合金、リン鉄等、公知の磁性金属材料の粉末から目的に応じて適宜選択して使用すればよい。例えば、現在のところ積層建築鋼板を用いて製造されている比較的低周波領域向けの磁心代替する圧粉磁心とするためには、飽和磁化の高い鉄粉末を用いることが好ましい。鉄粉末の製造方法は、アトマイズ法や電解法、電解鉄を機械的に粉砕する方法などのいずれであってもよい。

【0022】本発明では、圧粉磁心中に球状粒子および不定形粒子が存在して、空隙幅の分布が上記範囲に収まっているれば、直流重量特性向上効果が実現する。また、強磁性金属粒子は、程度の違いはあるが圧縮成形により一般に変形する。したがって本発明では、圧縮成形前の強磁性金属粉末中に、上記球状粒子および上記不定形粒子が存在している必要はない。例えば、変形しやすい材料からなる円形度の高い粒子と、変形しにくい材料からなる円形度の低い粒子とを混合して用い、変形しやすい粒子を圧縮成形により変形させて不定形粒子としてもよい。ただし、例えば図5に示すように直流重量特性の平坦性を良好にできること、および、高周波での透磁率を高くしやすいことから、粒子材質として1種だけを用いることが好ましい。

#### 【0023】絶縁材

本発明で用いる絶縁材は特に限定されず、各種無機材料および有機材料から少なくとも1種を適宜選択して用い

ればよい。具体的には、水ガラス、フェノール樹脂、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂、金属酸化物粒子などから選択すればよいが、好ましくは、樹脂、特にフェノール樹脂および/またはシリコーン樹脂を用い、より好ましくは、樹脂に加えて金属酸化物粒子を用いる。

【0024】フェノール樹脂は、フェノール類とアルデヒド類とを反応させることにより合成する。合成の際に塩基触媒を使用したものがレゾール (Resol) 型樹脂であり、酸触媒を使用したものがノボラック (Novolak) 型樹脂である。レゾール型樹脂は、加熱または酸触媒によって硬化し、不溶不融性になる。ノボラック型樹脂は、それ自身では熱硬化しない可溶可融性の樹脂で、ヘキサメチレンテトラミンのような架橋剤とともに加熱することにより硬化する。フェノール樹脂としては、レゾール型樹脂を用いることが好ましい。レゾール型樹脂のうちでは、耐熱性が良好であることから、Nを第三アミンの形で含有しているものが特に好ましい。一方、ノボラック型樹脂を用いると、成形体の強度が弱くなるため、成形以降の工程での取り扱いが難しくなる。ノボラック型樹脂を用いる場合には、温度をかけながらの成形 (ホットプレス等) を行うことが好ましい。この場合の成形時の温度は、通常、150〜400℃程度である。なお、ノボラック型は架橋剤を含有しているものが好ましい。

【0025】フェノール樹脂を合成する際の原料には、フェノール類として、例えば、フェノール、クレゾール類、キシレノール類、ビスフェノールA、レゾルシン等の少なくとも1種を用いられ、アルデヒド類として、例えば、ホルムアルデヒド、パラホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、ベンツアルデヒド等の少なくとも1種を用いられ、

【0026】フェノール樹脂の重量平均分子量は、好ましくは300〜7000、より好ましくは500〜7000、さらに好ましくは500〜6000である。重量平均分子量が小さいほうが、成形体の強度が大きくなり、また、成形体のエッジ部分の粉落ちが少なくなる傾向にある。しかし、重量平均分子量が300未満であると、高温でアニールしたときに樹脂の減少量が多くなってしまふので、圧粉磁心において強磁性金属粒子間の絶縁性が保てなくなってしまう。

【0027】フェノール樹脂は、市販のものを用いることができる。例えば、昭和高分子 (株) 製のBR-3801、ELS-572、577、579、580、582、583 (以上、レゾール型)、BRP-5417 (ノボラック型) 等を使用することができる。

【0028】シリコーン樹脂としては、重量平均分子量が約700〜3300のものが好ましい。

【0029】絶縁材として用いる樹脂の量は、強磁性金属粉末に対し、好ましくは1〜30体積%、より好ましくは2〜20体積%である。樹脂量が少なすぎると、磁

心の機械的強度が低下したり、絶縁不良が生じたりして、くる。一方、樹脂量が多すぎると、圧粉磁心の中非磁性分の比率が高くなって、磁心の透磁率および磁束密度が低くなる。

【0030】なお、本発明の圧粉磁心には、成形後にアニールを施すことが好ましい。絶縁材として添加した樹脂は、アニール後に一部または全部が炭化していてもよい。

【0031】絶縁材樹脂と強磁性金属粉末とを混合する際には、固体状態または液状の樹脂を溶融液として混合してもよく、液状の樹脂を直接混合してもよい。液状の樹脂の粘度は、25℃において好ましくは10〜10000 cP、より好ましくは50〜9000 cPである。粘度が低すぎても高すぎても、強磁性金属粒子表面に均一な被膜を形成することが難しくなる。

【0032】なお、上記絶縁材樹脂は、バインダとしても機能し、磁心の機械的強度を向上させる。

【0033】絶縁材として金属酸化物粒子を用いる場合、酸化チタンゾルおよび/または酸化ジルコニウムゾルを利用することが好ましい。酸化チタンゾル、酸化ジルコニウムゾルは、負に帯電した無定形の酸化チタン粒子、酸化ジルコニウム粒子が、水中または有機分散媒中に分散してコロイド状態をなしているものであり、その粒子表面には $-TiOH$ 基、 $-ZrOH$ 基が存在している。酸化チタンゾル、酸化ジルコニウムゾルのように、微粒子が溶媒中に均一に分散したゾルを強磁性金属粉末に添加することにより、少量で均一な絶縁被膜が形成できるので、高磁束密度かつ高絶縁性を実現することができる。

【0034】ゾルに含まれる酸化チタン粒子、酸化ジルコニウム粒子の平均粒径は、好ましくは10〜100 nm、より好ましくは10〜80 nm、さらに好ましくは20〜70 nmである。また、ゾル中の粒子含有量は、15〜40質量%程度であることが好ましい。

【0035】強磁性金属粉末に対する酸化チタンゾル、酸化ジルコニウムゾルの固形分換算の添加量、すなわち、酸化チタン粒子および酸化ジルコニウム粒子の合計添加量は、好ましくは15体積%以下、より好ましくは5.0体積%以下である。この合計添加量が多すぎると、圧粉磁心における非磁性分が多くなるため、透磁率および磁束密度が低くなってしまふ。なお、これらのゾルを添加することによる効果を十分に発揮させるためには、上記合計添加量を、好ましくは0.1体積%以上、より好ましくは0.2体積%以上、さらに好ましくは0.5体積%以上とする。

【0036】酸化チタンゾルおよび酸化ジルコニウムゾルは、それぞれ単独で用いてもよく、両者を併用してもよい。併用する場合の量比は任意である。

【0037】これらのゾルは、市販品 (「日産化学工業 (株) NZS-20A、NZS-30A、NZS-30

B等)を用いることができる。入手可能なゾルのpH値が低い場合には、pH7程度となるように調整することが好ましい。pH値が低いと、強磁性金属粉末が酸化してしまつて非磁性の酸化物が増加し、透磁率および磁束密度が低下したり、保磁力の劣化が生じたりすることがある。

【0038】これらゾルには、水系溶媒を用いたものと非水系溶媒を用いたものがあるが、併用する樹脂と相溶する溶媒を用いたものが好ましく、特に、エタノール、ブタノール、トルエン、キシレン等の非水系溶媒を用いたものが好ましい。入手可能なゾルが水系溶媒を用いたものである場合には、必要に応じて溶媒置換を行つてもよい。

【0039】ゾル中には、安定剤として塩素イオンやアンモニア等を含有されていてもよい。

【0040】これらのゾルは、通常、乳白色のコロイド状を呈している。

#### 【0041】潤滑剤

潤滑剤は、成形時に、粒子間の潤滑性を高めたり、金型からの離型性を向上させたりするために添加される。潤滑剤としては、ステアリン酸マグネシウム、ステアリン酸カルシウム、ステアリン酸ストロンチウムおよびステアリン酸バリウムから選択される少なくとも1種を用いることが好ましい。これらのうちでは、ステアリン酸ストロンチウムが最も好ましい。

【0042】これらのステアリン酸二価金属塩の含有量は、強磁性金属粉末に対し、好ましくは0.2～1.5質量%、より好ましくは0.2～1.0質量%である。この含有量が少なすぎると、圧粉磁心において強磁性金属粒子間の絶縁が不十分となり、また、成形時に磁心が金型から抜けにくくなるなどの不具合が生じやすくなる。一方、この含有量が多すぎると、圧粉磁心における非磁性成分が多くなるため、透磁率および磁束密度が小さくなるほか、磁心の強度が不十分となりやすい。

【0043】潤滑剤には、上記ステアリン酸二価金属塩以外に、他の高級脂肪酸二価金属塩、特にラウリン酸二価金属塩を用いてもよい。ただし、その使用量は、上記ステアリン酸二価金属塩の使用量の30質量%を超えないことが好ましい。

#### 【0044】圧粉磁心の製造方法

圧粉磁心の製造に際しては、まず、強磁性金属粉末と絶縁材とを混合する。

【0045】強磁性金属粉末として鉄粉を用いる場合、混合前に、鉄粉に熱処理(アニール)を施すことが好ましい。また、混合前に、鉄粉に酸化処理を施すこともよい。この酸化処理により鉄粒子の表面付近に厚さ数十ナノメートル程度の薄い酸化膜を形成すれば、絶縁性向上が望める。この酸化処理は、空気等の酸化性雰囲気中において150～300℃で0.1～2時間程度加熱することにより行なえばよい。酸化処理を施した場合、鉄粒子表面の濡れ性を改善するために、エ

チルセルロース等の分散剤などを混合してもよい。

【0046】混合条件は特に限定されず、例えば、加圧ニーダー、ライカイ機等を用い、室温程度で20～60分間混合すればよい。混合後、好ましくは100～300℃程度で20～60分間乾燥する。

【0047】乾燥後、潤滑剤を添加する。

【0048】成形工程では、所望の磁心形状となるように圧縮成形する。磁心形状は特に限定されず、いわゆるトロイダル型、E型、I型、F型、C型、EE型、EI型、ER型、EPC型、つば型、ドラム型、ポット型、カップ型等のいずれであってもよい。

【0049】成形条件は特に限定されず、強磁性金属粒子の種類や形状、寸法、目的とする磁心形状や磁心寸法、磁心密度などに応じて適宜決定すればよいが、通常、最大圧力は600～2000MPa程度、最大圧力に保持する時間は0.1秒間～1分間程度とする。

【0050】成形後、アニールを施し、磁心としての磁気特性を向上させる。このアニールは、粉末化や成形の際に強磁性金属粒子に生じたストレスを解放するためのものであり、粒子を機械的に扁平化した場合には、それによるストレスも解放することができる。また、このアニールにより、絶縁材樹脂が硬化し、圧粉体の機械的強度が向上する。

【0051】アニール条件は、強磁性金属粉末の種類や、成形条件、扁平化条件などに応じて適宜決定すればよいが、処理温度は、好ましくは500～900℃、より好ましくは600～850℃である。処理温度が低すぎると、ストレスの解放が不十分となって本来の保磁力への復帰が不十分となるため、直流電圧特性が悪く、ヒステリシス損失が大きくなってしまふ。一方、処理温度が高すぎると、絶縁被膜が熱的に破壊されて絶縁が不十分となるため、渦電流損失が大きくなってしまふほか、透磁率の周波数特性も悪化するので、直流量特性も悪くなる。処理時間、すなわち、上記温度範囲内を通過する時間、あるいは、上記温度範囲内の一定の温度に保持する時間は、10分間～2時間であることが好ましい。処理時間が短すぎると焼鈍効果が不十分となりやすく、長すぎると絶縁破壊が生じやすくなる。

【0052】アニールは、強磁性金属粉末の酸化による透磁率および磁束密度の低下を防ぐために、窒素、アルゴン、水素等の非酸化性雰囲気中で行なうことが好ましい。

【0053】熱処理後、必要に応じ磁心に樹脂等を含浸させてもよい。樹脂を含浸させることにより、さらに強度が向上する。含浸に用いる樹脂としては、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、アクリル樹脂等が挙げられ、中でもフェノール樹脂が好ましい。これらの樹脂は、エタノール、アセトン、トルエン、ピロリドン等の溶媒に溶解して用いてもよい。

【0054】磁心に樹脂を含浸させる方法としては、磁

心をバット等の容器上に載置し、この容器内に樹脂と溶媒との混合溶液（例えばフェノール樹脂 10% エタノール溶液）を流し込み、磁心が完全に隠れるようにする。そのままの状態 で 1~30 分間程度保持した後、磁心を取り出し、周囲に付着した樹脂溶液をある程度排除した後、加熱処理を行う。この加熱処理に際しては、まず、オープン等を用いて、大気雰囲気中、80~120℃程度まで昇温して 1~2 時間程度保持する。さらに、130~170℃程度まで昇温し、1.5~3 時間程度保持し、その後 100~60℃程度まで降温して 0.5~2 時間程度保持する。

【0055】熱処理後、必要に応じ、巻線との間の絶縁性を確保するための磁心表面への絶縁膜形成を行った後、巻線、磁心半体同士の組み付け、ケース装入などを行なう。

【0056】本発明の圧粉磁心は、トランスやインダクタ等の磁心、モーター用磁心、その他の電磁部品に好適である。また、電気自動車のチョークコイル、エアバックのセンサーにも使用できる。使用周波数は、好ましくは 10Hz~500kHz、より好ましくは 500Hz~200kHz である。

【0057】

【実施例】以下の手順で圧粉磁心サンプルを製作した。

【0058】強磁性金属粉末：比較的円形度の高い粒子からなる第 1 のパーマロイ粉末（平均粒径 30 μm）と、比較的円形度の低い粒子からなる第 2 のパーマロイ粉末（平均粒径 28 μm）とを重量比で 1:1 に混合した混合物、

ジルコニアゾル：日産化学（株）製 ZrO<sub>2</sub>ゾル（NZS-30A、平均粒径 62nm）を pH7 に調整した後、水溶液からエタノール溶液に置換した分散物、フェノール樹脂：レゾール型樹脂【昭和高分子（株）製 ELS-582、重量平均分子量 1500】、潤滑剤：ステアリン酸ストロンチウム（堺化学社製）を用意した。

【0059】次に、強磁性金属粉末に対し、固形分換算で 2.0 体積%のジルコニアゾルおよび 7.1 体積%のフェノール樹脂を添加して、これらを加圧ニーダーにより室温で 30 分間混合した。次いで、大気中において 250℃で 30 分間乾燥した。乾燥後の混合物に、強磁性金属粉末に対し 0.6 質量%の潤滑剤を添加し、Vミキサーにより 15 分間混合した後、1176MPa の圧力で、外径 17.5mm、内径 10.2mm、高さ約 6mm のトロイダル形状に成形した。成形後、N<sub>2</sub>雰囲気中において、775℃で 30 分間アニールを行い、実施例の圧粉磁心サンプルを得た。

【0060】また、強磁性金属粉末として第 1 のパーマロイ粉末だけを用い、そのほかは実施例サンプルと同様にして比較例サンプルを製作した。

【0061】各サンプルのプレス面の走査型電子顕微鏡

写真を、それぞれ複数枚撮影した。これらの写真から、前記した空隙幅の分布および平均空隙幅を求めた。測定した空隙数は 100 個とした。図 1 に、実施例サンプルの写真の一例を示し、図 2 に、比較例サンプルの写真の一例を示す。

【0062】実施例サンプルにおける空隙の最大幅のヒストグラムを図 3 (A) に、最小幅のヒストグラムを図 3 (B) にそれぞれ示す。また、比較例サンプルにおける空隙の最大幅のヒストグラムを図 4 (A) に、最小幅のヒストグラムを図 4 (B) にそれぞれ示す。これらのヒストグラムから平均最大幅と平均最小幅との差を求めると、実施例サンプルでは 15-6=9 (μm)、比較例サンプルでは 18-6=12 (μm) となる。また、空隙幅の平均値は、実施例サンプルが 10.5 μm、比較例サンプルが 12 μm となる。

【0063】また、上記写真から、サンプルのプレス面に現れた粒子の円形度を測定した。測定した粒子数は 120 個とした。この測定の結果、実施例サンプルでは、円形度が 0.70 以上の球状粒子の個数が測定個数の 48%、円形度が 0.60 以下の不定形粒子の個数が測定個数の 35% であった。これに対し比較例サンプルでは、円形度が 0.70 以上の球状粒子の個数が測定個数の 63%、円形度が 0.60 以下の不定形粒子の個数が測定個数の 9% であった。

【0064】次に、各サンプルについて、図 5 に示す強度の直流重量特性を印加したときの周波数 100kHz における実効透磁率 (μ<sub>eff</sub>) を測定した。なお、実効透磁率は、LCRメーター【横河ヒューレットパッカード（株）製、HP4284A】で測定したインダクタンスから算出した。結果を図 5 に示す。

【0065】図 5 から、実施例サンプルでは、高磁界下での実効透磁率が比較例サンプルより高くなることがわかる。

【0066】

【発明の効果】本発明によれば、圧粉磁心の高磁界下における直流重量特性を改善できるため、圧粉磁心の小型化を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】粒子構造を示す図面代用写真であって、本発明の圧粉磁心の走査型電子顕微鏡写真である。

【図 2】粒子構造を示す図面代用写真であって、従来の圧粉磁心の走査型電子顕微鏡写真である。

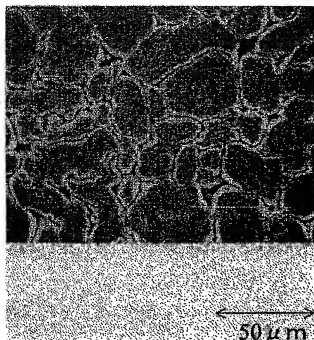
【図 3】(A) は、実施例サンプルにおいて粒子間に存在する空隙の最大幅の分布を示すヒストグラムであり、(B) は、前記空隙の最小幅の分布を示すヒストグラムである。

【図 4】(A) は、比較例サンプルにおいて粒子間に存在する空隙の最大幅の分布を示すヒストグラムであり、(B) は、前記空隙の最小幅の分布を示すヒストグラムである。

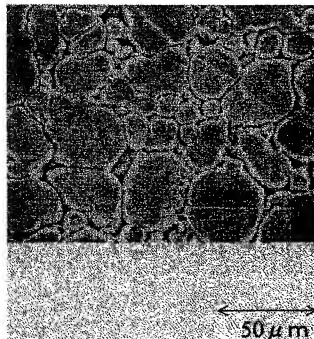
11

【図5】 直流磁界強度と実効透磁率との関係を示すグラフである。

【図1】



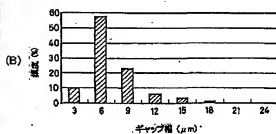
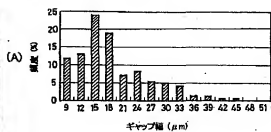
【図2】



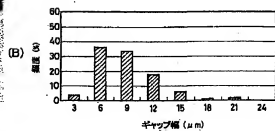
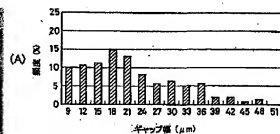
12

【図6】 粒子間に存在する空隙の最大幅と最小幅とを模式的に示す図である。

【図3】

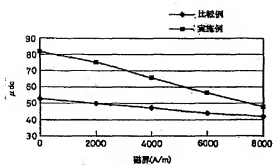


【図4】





【図5】



【図6】

